

Application Note

了解电机驱动器电流额定值



David Medis

Motor Drive Business Unit

摘要

对于电机驱动器 IC 使用的电流额定值存在很多误解，尤其是在为特定应用选择电机驱动器器件时。使问题更加复杂的是，并没有可指定电流额定值的标准方法，因此额定值的确切含义可能因供应商而异，在某些情况下，甚至在同一供应商的不同器件之间也可能不同。本应用手册阐释了电机驱动器器件使用不同电流额定值的意义，并专门解释了 TI 电机驱动器器件数据表中的额定值。

内容

1 限制电机驱动器最大输出电流的因素.....	2
1.1 热限制.....	2
1.2 过流保护 (OCP) 限制.....	2
1.3 器件和封装限制.....	2
1.4 PCB 限制和热管理技术.....	3
1.5 热性能估算.....	5
2 TI 电机驱动器 OCP 工作原理.....	7
3 TI 电机驱动器数据表额定值.....	9
3.1 说明.....	9
3.2 绝对最大额定值.....	9
3.3 建议运行条件.....	9
3.4 热性能信息.....	10
3.5 电气特性.....	10
4 参考资料.....	11
5 修订历史记录.....	12

插图清单

图 1-1. 安装在 PCB 上的 Thermal Pad™ 封装的横截面以及由此产生的热传递.....	3
图 1-2. 中断接地平面覆铜与连续接地平面覆铜的热图.....	4
图 1-3. 4 层 EVM 的覆铜厚度示例.....	4
图 1-4. 散热过孔与直接连接过孔热图.....	5
图 1-5. 瞬态热阻抗 ($R_{\theta JA}$) 和电流能力 - 全桥.....	5
图 1-6. 结温估算.....	6
图 2-1. OCP 简化版原理图.....	7
图 2-2. 使用 TI DRV8813 电机驱动器的短路事件的示波器截图.....	8

商标

PowerPAD™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 限制电机驱动器最大输出电流的因素

从给定电机驱动器 IC 获得的最大驱动电流受到多种因素的限制。所有这些条件中限制性最高的一个条件将限制驱动电流的大小。该电流电平不仅取决于电机驱动器 IC，还取决于 PCB 结构、环境温度和其他因素。

1.1 热限制

尽管电机驱动器 IC 被视为开关或开关组，但并不是完美的开关。电机驱动器 IC 中的功率耗散主要源于与驱动电流成正比的电阻损耗，也有其他原因，例如内部静态功耗和开关损耗。

这种功率损耗的精确计算非常复杂，是一个独立的主题（请参阅 [计算电机驱动器功率耗散](#) 应用手册）。这里为了方便讨论，我们将功率级 FET 导通电阻中耗散的功率损耗简化为 $R_{DS(ON)}$ 。

由于电源开关在传导电流时具有电阻，因此根据欧姆定律，功率耗散为： $P = I^2 R$ ，其中 I 是流入负载的直流或 RMS 电流， R 是输出开关的 $R_{DS(ON)}$ 之和。在 H 桥电机驱动器中，驱动电流时有两个开关存在功率耗散：连接到电源的高侧开关和接地的低侧开关。请注意，步进电机驱动器通常在同一 IC 中具有两个全 H 桥。

该功率耗散会导致器件的温度升高。通过将耗散的功率（瓦特）乘以结至环境温度（称为 θ_{JA} ），可以估算温度升高的程度。 θ_{JA} 值是可变的，因为它取决于 PCB 设计对 IC 传导出的热量的消散能力。数据表通常会根据标准 PCB 结构提供一定的 θ_{JA} 值。

如果驱动电流过大，器件会发热至可能危及器件可靠性的程度。TI 的所有电机驱动器 IC 都有一个热关断电路，在裸片温度达到预定义阈值（通常在 150°C 附近）时禁用输出。

过热关断前的最高裸片温度是电机驱动器 IC 能够提供的直流或 RMS 电流大小的限制因素。最高裸片温度通常不是短期峰值电流的限制因素。

在大多数情况下，热限制是确定电机驱动器可提供的最大电流的主要因素。

此电流电平的计算并不简单，因为它很大程度上取决于不受 IC 制造商控制的条件，例如 PCB 设计和环境温度。

有关散热注意事项的详细信息，请参阅 [PCB 热量计算器](#)。

1.2 过流保护 (OCP) 限制

通过采用某种形式的过流保护 (OCP)，可以保护电机驱动器 IC 免受因电流过大而可能造成的损坏或性能下降问题。许多电机驱动器 IC 和 TI 的所有电机驱动器 IC 都具有 OCP。OCP 电路通常可以将输出电流限制在对器件来说安全的水平。有关 TI 实施情况的具体信息，请参阅 [节 2](#)。

OCP 电路可提供以下一种或两种保护方案：

- 模拟电流限制
- 当达到某个预设的电流电平时，禁用单个 FET 或整个器件

尝试消耗的电流超出 OCP 电路允许的范围时，会导致故障或关断。因此，OCP 电路的最大电流便成为了器件的峰值电流消耗上限。例如，在考虑失速直流电机的启动电流时，该峰值电流很重要。

某些器件在发生 OCP 事件后会锁存在关断状态。其他器件在短暂延迟后自动重新启动。请参阅器件数据表，了解特定器件的运行模式。

实施的抗尖峰脉冲电路可以在非常短的时间内允许更大的电流。必须要有这一段非常短的抗尖峰脉冲时间，才能提供所需的高峰值电流来对负载中的寄生电容进行充电，该电容可能包括绕组内的电容和通常添加到直流电机的缓冲电容（以降低电刷电弧产生的 EMI）。

1.3 器件和封装限制

电机驱动器的输出 FET、信号布线和 IC 封装都只能支持有限的电流大小。相应的限制包括：

- 输出器件的安全工作区 (SOA)
- IC 布局注意事项，例如裸片上的金属布线、过孔和触点的最大载流能力
- 将裸片连接到封装的键合线的最大载流能力

具有 OCP 功能的器件会自动处理所有这些限制；因此，设计人员无需担心施加过大的负载电流会损坏器件。

如果电机驱动器没有 OCP 功能，请勿超过任何绝对最大电流额定值，否则器件可能会损坏。

1.4 PCB 限制和热管理技术

虽然器件存在热限制，但在设计印刷电路板 (PCB) 以满足指定的电机驱动器电流额定值时，必须注意其他几个事项。

PCB 设计中的热管理和散热情况会显著影响电流额定值和电机驱动器可靠性。随着电机驱动器变得更加强大和紧凑，热管理对于防止过热至关重要，这可以确保在安全的温度范围内运行。实施战略性散热策略，例如适当的散热焊盘覆铜和连接、覆铜厚度和使用散热过孔，有助于改善 PCB 性能和提高电机驱动器的电流额定值。

1.4.1 外露焊盘封装

某些电机驱动器封装具有称为散热焊盘或 PowerPAD™ 的外露焊盘。这些散热焊盘位于电机驱动器的底部，可连接到 PCB 的着陆焊盘。该散热焊盘通过建立低热阻路径将热量从裸片散发到 PCB 着陆焊盘，从而实现器件的大部分散热。着陆焊盘位于 PCB 的顶部，其尺寸必须与电机驱动器外露的 PowerPad™ 相同或更大。它还应该牢固地连接到底部接地平面，并让多个散热过孔位于其正下方。

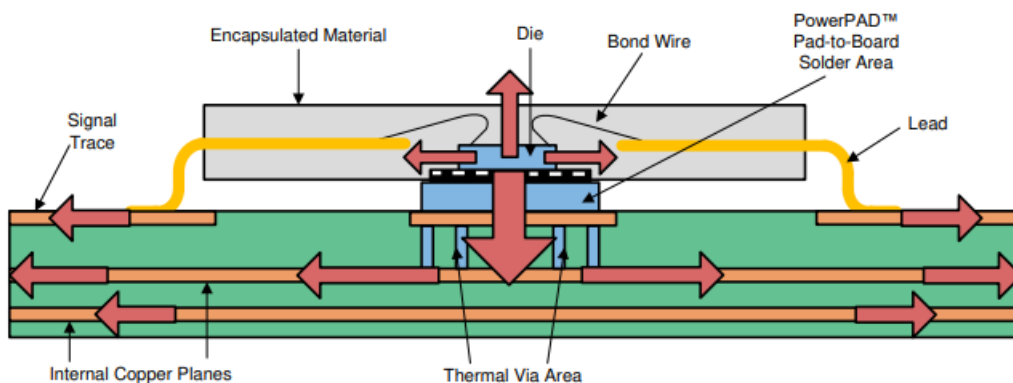


图 1-1. 安装在 PCB 上的 Thermal Pad™ 封装的横截面以及由此产生的热传递

1.4.2 连续铜平面

为了提供通往 PCB 接地端的低电阻路径以实现散热，正确的散热焊盘连接至关重要。这些散热焊盘连接采用铜平面实现，而铜平面会增加连接到散热焊盘的铜面积，有助于提高散热效果。连续的铜平面可确保有效散热，从而防止过热和热阻过大。这些平面发生中断会导致器件和 PCB 上的温度升高，从而降低载流能力。

为了建立一条从驱动器裸片导热的路径，将散热焊盘连接到实心铜平面至关重要。为了确保热量从器件中流走，从散热焊盘到电路板其他区域的铜平面必须是连续的。一种较好的做法是从驱动器下方的覆铜位置建立一条较宽的导热路径，使这条路径进入具有大表面积的宽阔平面。如果这些平面被中断，导热路径会变得狭窄，从而增加热阻。较高的热阻会导致散热焊盘与同一平面上较宽表面区域之间的温差增大，从而使电机驱动器的电流额定值受限。

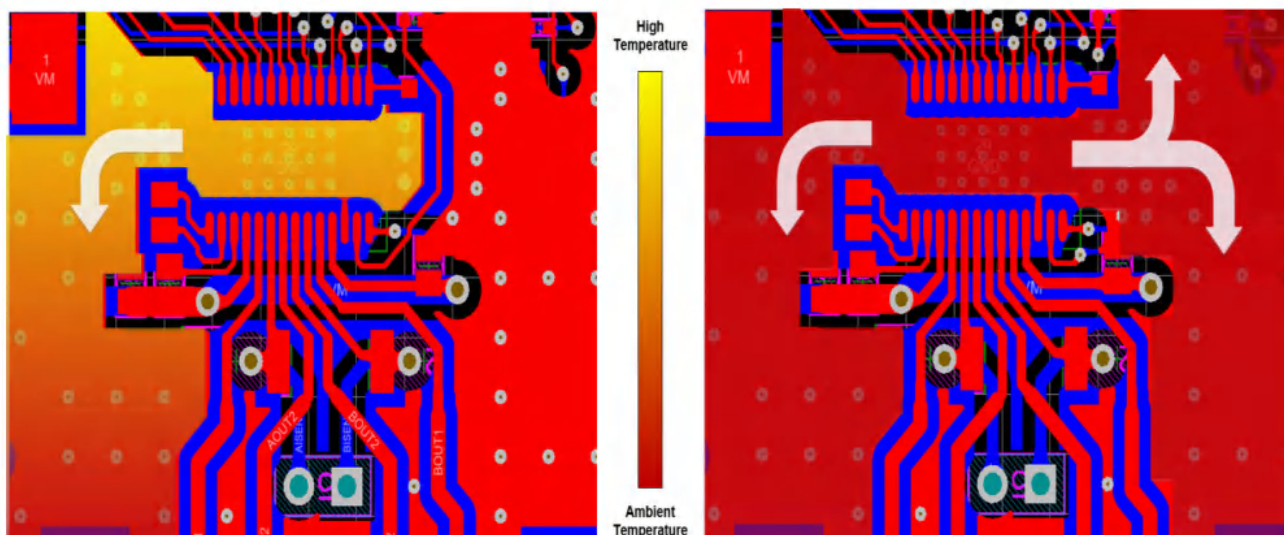


图 1-2. 中断接地平面覆铜与连续接地平面覆铜的热图

1.4.3 覆铜厚度

平面上的覆铜厚度对于 PCB 热性能至关重要。增加 PCB 上的覆铜厚度可以进一步降低平面的有效热阻。这样可以提高电路板传导和散热的能力，从而提高可靠性和性能，因为布线可以安全高效地承载更大的电流。

对于大功率应用，建议使用大于 0.5oz 或 1oz 的覆铜厚度，以保持较低的工作温度。在所有 TI 电机驱动器 EVM 设计中，顶层和底层都使用 2oz 厚度的覆铜。在典型的 4 层 PCB 设计中，顶层和底层使用 2oz 覆铜，中间的两个信号层使用 1oz 覆铜。一个好的指导原则是，如果覆铜厚度加倍，相同尺寸平面的热阻将减半。

#	Name	Material	Type	Weight
	Top Overlay		Overlay	
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask	
1	Top Layer		Signal	2oz
	Dielectric 1	FR4 370	Prepreg	
2	Signal Layer 1		Signal	1oz
	Dielectric 2	FR4 370	Core	
3	Signal Layer 2		Signal	1oz
	Dielectric 3	FR4 370	Prepreg	
4	Bottom Layer		Signal	2oz
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask	
	Bottom Overlay		Overlay	

图 1-3. 4 层 EVM 的覆铜厚度示例

1.4.4 散热过孔

散热过孔需要在顶层和底层之间建立连接，以促进从电机驱动器散热到外部或内部 PCB 层上温度较低的 PCB 区域，同时，着陆焊盘/散热焊盘接口也在顶层（器件层）上进行散热。应避免使用散热连接，因为它们会限制热流，导致过孔周围的温度升高。直接连接过孔可尽可能降低过孔与铜层之间的热阻。将散热过孔连接到内部接地平面时，请确保围绕电镀通孔的整个圆周进行完整连接。避免用阻焊层覆盖过孔，以防出现过多的空隙。正确实施散热过孔可以帮助散热，并有助于获得更有效的 PCB 性能和电机驱动器电流额定值。

虽然散热焊盘在裸片和 PCB 顶部接地平面之间建立了低阻抗散热通路，但应评估连接顶部和底部接地平面的过孔的热阻抗，这一点很重要。建议在散热焊盘正下方使用散热过孔，该过孔直径应为 20mil、孔尺寸为 8mil，这样可以通过尽量减少散热焊盘的焊料芯吸，将过孔的热阻保持在尽可能低的水平。

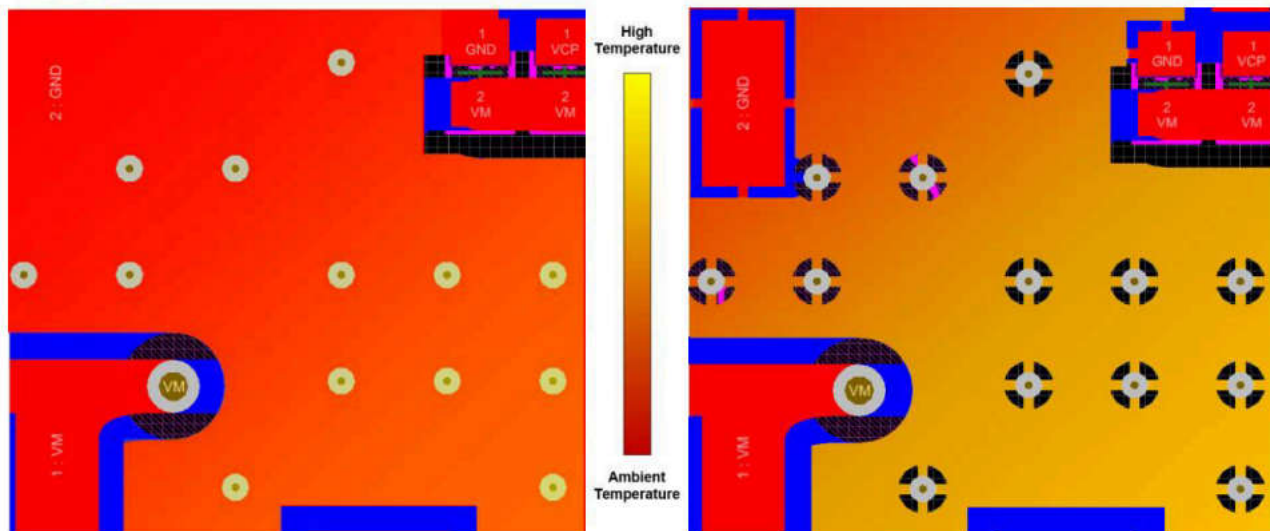


图 1-4. 散热过孔与直接连接过孔热图

1.4.5 热管理技术总结

总而言之，散热焊盘连接是从器件裸片进行散热最有效的路径。为了优化这一点，请在散热焊盘与接地平面之间使用连续的顶层覆铜，并尽可能使用 1.5oz 或 2oz 覆铜以实现更好的热传导。另外，可以采用直接连接的散热过孔进一步强化热管理（图 1-4）。如需了解电机驱动器电路板布局布线的更多最佳实践，请访问以下链接：[电机驱动器电路板布局布线最佳实践](#) 应用手册。

1.5 热性能估算

若能准确预测特定工作条件下的结温，可以确保电机驱动器在安全的热规格范围内运行，防止过热和潜在的损坏。这样做不仅可以提高电机驱动器的可靠性和使用寿命，还可以通过防止与热应力相关的问题来保持设计的性能水平。在计算电机驱动器的结温时，需要考虑几个关键参数，例如环境温度、功率耗散、热阻、负载瞬态时间、有 PWM 或无 PWM，等等。这些计算可以进一步优化相关设计的热性能，例如进行散热器尺寸调整、气流管理，以及确保器件能够在集成热关断保护特性下运行。

DRV824x-Q1 系列器件使用结温估算计算器来确保电机驱动器在安全的热限制下运行。在特定瞬态情况下，可以参考 DRV824x-Q1 数据表中的瞬态热阻表，并与热量计算器配合使用。

PART NUMBER	PACKAGE	$R_{\theta JA}$ [°C/W] ⁽¹⁾				Current [A] ⁽²⁾					
						without PWM ⁽³⁾				with PWM ⁽⁴⁾	
		0.1 sec	1 sec	10 sec	DC	0.1 sec	1 sec	10 sec	DC	10 sec	DC
DRV8245-Q1	VQFN-HR	4.3	9.2	13.6	30.3	15.8	10.8	8.9	5.9	7.7	4.8
DRV8245-Q1	HTSSOP	3.3	7.1	12.2	29.1	16.1	11.0	8.4	5.4	7.4	4.5

图 1-5. 瞬态热阻抗 ($R_{\theta JA}$) 和电流能力 - 全桥

使用此[计算器](#)时，用户输入指定时间范围内所需的瞬态电流值，计算器即可输出一幅结温随 MOSFET 功率耗散变化的图。MOSFET 的功率耗散有两个来源：MOSFET 导通时的传导损耗和基于 PWM 的电流调节期间的开关损耗。有关总功率耗散公式的更多详细信息，请参阅[计算 H 桥或半桥驱动器的功率耗散](#)。

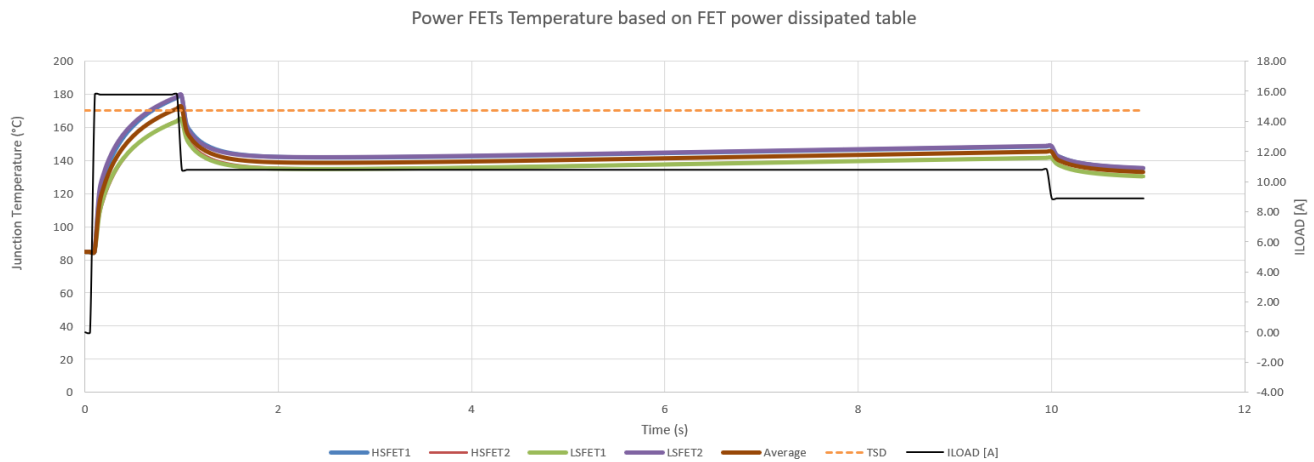


图 1-6. 结温估算

以前的热仿真基于 40mm x 40mm x 16mm 的 4 层 PCB，在顶层和底层使用了 2oz 铜，在两个内部平面上使用了 1oz 铜。起始环境温度为 85°C，瞬态电流能力是根据数据表中的传导损耗（无 PWM）估算的。

热性能估算对于在不同的热条件下保持可靠性和性能非常重要。如果结温超过了过热关断阈值，则器件会超出安全运行条件，必须降低电机驱动器工作电流以降低功率耗散并进行有效的热管理。这些估算值确定了电机驱动器能够在不过热的情况下处理的最大电流。

2 TI 电机驱动器 OCP 工作原理

TI 的电机驱动器全都采用了强大的 OCP 方案，防止在输出电流过大的情况下损坏 IC。TI 器件将受到保护，能够承受输出之间以及每个输出与电源电压或接地端之间的死区短路或软短路。

TI 的 OCP 实施方案通常包括两个部分：

- 快速模拟电流限制，通常持续几十纳秒，可将输出中的电流限制在对 IC 和封装安全的水平。实现这一点的方法是在线性区域内运行输出 FET，从而消耗大量功率。
- 一旦电流上升到预定义的阈值（OCP 电流）以上，数字时间就会开始。当该计时器达到 OCP 抗尖峰脉冲时间（通常为几微秒）时，如果电流电平仍高于阈值，输出将被禁用。

TI 为每个输出 FET 实施了单独的 OCP 电路，因此每个 FET 都受到对电源、对地或对其他输出短路的保护。OCP 电路独立于任何电流调节（电流斩波或 I_{TRIP} ）电路，并且不依赖于任何外部元件。

图 2-1 所示为典型 TI 电机驱动器 OCP 电路的模拟部分的简化版原理图。图中显示了一个高侧 FET；低侧 FET 具有类似电路。

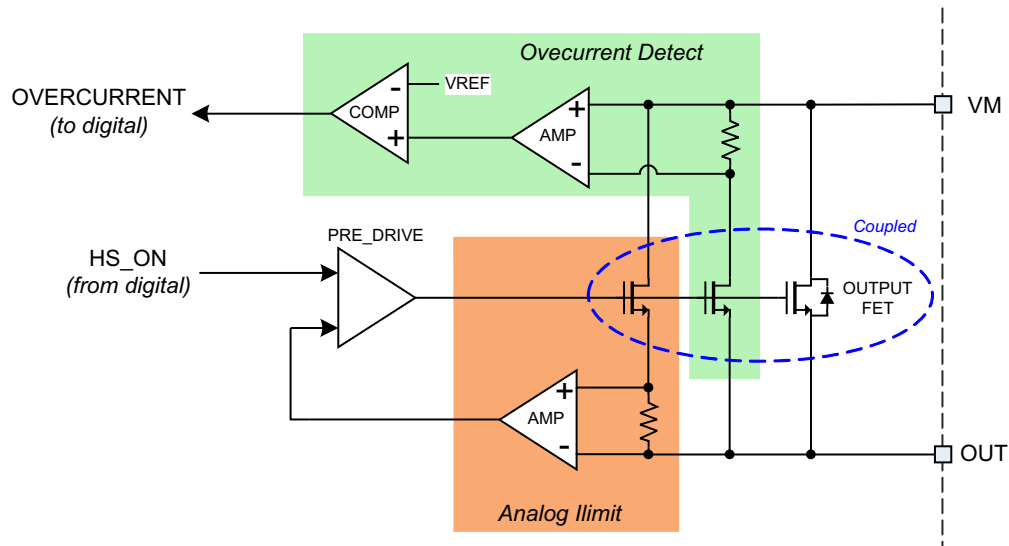


图 2-1. OCP 简化版原理图

图 2-2 所示为使用 TI DRV8813 电机驱动器的短路事件的示波器截图。在本例中，输出已启用，输出之间发生直接短路。黄色迹线是输入信号，蓝色迹线是故障输出信号，粉色迹线是通过输出级的电流。

最初，电流上升很快。在短暂过冲后，输出级不存在问题，模拟电流限制会将电流限制在大约 9A。在大约 2.5μs 后，随着 OCP 抗尖峰脉冲时间到期，电流仍处于 9A 模拟电流电平，超过 OCP 电平。在本例中，OCP 电平约为 3A。此时，输出被禁用，电流降至零。此后不久，故障信号被驱动为低电平，表示系统的其余部分已发生 OCP 事件。

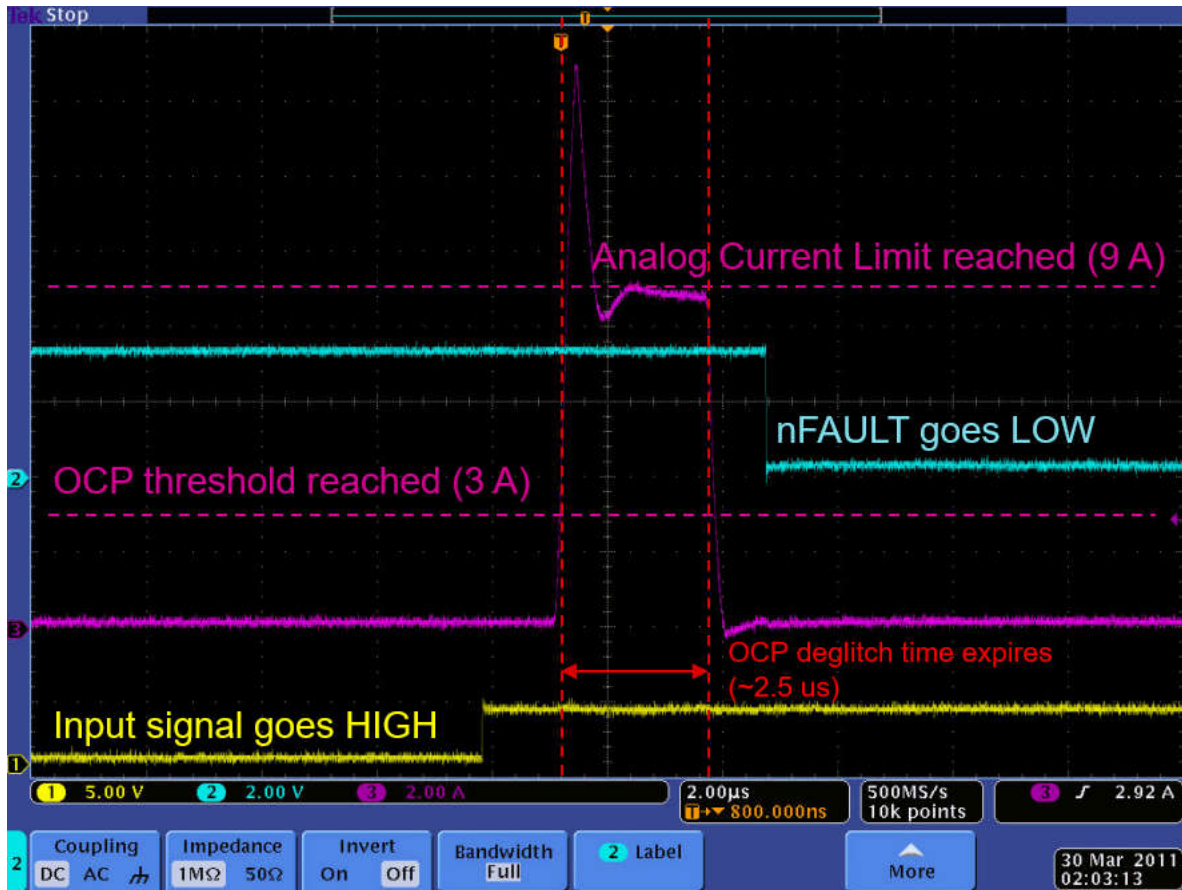


图 2-2. 使用 TI DRV8813 电机驱动器的短路事件的示波器截图

根据具体器件，发生 OCP 事件后，该器件可能会锁存在关断状态，直到系统进行某种干预（例如施加复位信号），或者可能会在延迟时间后自动重新启用输出。

如果该器件采用自动重试并进入连续短路状态，则模拟电流限制电路会消耗功率，进而导致器件发热。在某一时刻，裸片可能会达到过热关断温度。在任何情况下，器件都会受到保护，以免损坏。

3 TI 电机驱动器数据表额定值

TI 电机驱动器数据表中有几项与最大输出电流相关。本节将介绍这些不同规格的含义。例如，TI 电机驱动器数据表的摘录如下所示。

3.1 说明

数据表第一页的说明摘要以及 ti.com 上的信息通常会列出器件的建议最大输出电流：

特性

- 双 H 桥电流控制电机驱动器
 - 能够驱动两个直流电机或者一个步进电机
 - 低 MOSFET 导通电阻
- 每个 H 桥的输出电流为 1.5A RMS，峰值为 2A (在 $V_M = 5V$ 和 $25^\circ C$ 条件下)

这些电流规格基于热限制以及 OCP 电流限制。

在这种情况下，RMS (或直流) 最大电流计算值是器件安装在符合 JEDEC 标准的 PCB 上、进入过热保护之前、在 $25^\circ C$ 环境温度下可以提供的电流。

在环境温度更高或 PCB 布局的功率耗散不如标准 JEDEC PCB 时，无法达到这一电流水平。在实际应用中，可能无法驱动这么大的电流。为了确定具体应用中的实际最大电流，必须在考虑环境温度和 PCB 热阻的情况下进行计算。

峰值电流受 OCP 电流阈值的限制。“电气特性”表中列出了 OCP 电流额定值。超过该电流不会损坏器件，但会导致 OCP 激活并会禁用输出。

在某些情况下，如果 FET 的 $R_{DS(ON)}$ 较低，则最大峰值电流和直流或 RMS 电流电平可能相同。在这种情况下，峰值电流和 RMS/直流电流都受 OCP 电流限制，而不是热性能限制。如上所述，在温度较高时或在热性能不良的 PCB 结构上，最大直流或 RMS 电流会减小。

3.2 绝对最大额定值

绝对最大额定值表中列出了在超过时可能对器件造成损坏的参数：

表 3-1. 绝对最大额定值

		值	单位
V_M	电源电压范围	-0.3 至 11.8	V
	数字输入引脚电压范围	-0.5 至 7	V
	xISEN 引脚电压	-0.3 至 0.5	V
	峰值电机驱动输出电流	在内部限制	A
T_J	工作结温范围	-40 至 150	$^\circ C$
T_{stg}	贮存温度范围	-60 至 150	$^\circ C$

请注意，峰值电机驱动输出电流并没有指定为具体数字，仅指示在内部限制。这是因为该器件具有 OCP 保护；不可能因负载电流过大而损坏器件。如果输出发生短路，OCP 电路将用于保护器件。

3.3 建议运行条件

建议运行条件很简单，即通常建议在这些条件下运行器件。在此范围内，可确保器件正常运行。

表 3-2. 建议运行条件， $T_A = 25^\circ C$ (除非另有说明)

		最小值	标称值	最大值	单位
V_M	电机电源电压范围 ⁽¹⁾	2.7		10.8	V
V_{DIGIN}	数字输入引脚电压范围	-0.3		5.75	V
I_{OUT}	每个电桥的持续 RMS 或直流输出电流 ⁽²⁾			1.5	A

(1) 请注意，当 V_M 电源电压低于 5V 时， $R_{DS(ON)}$ 会增加，最大输出电流会减小。

(2) $V_M = 5V$ 时，必须遵循功率耗散限制和热限制。

建议的持续直流或 RMS 输出电流为额定值。此建议是在 JEDEC PCB 上根据 25°C 环境温度得出的。请特别注意注释 1 和注释 2，其中注释 1 说明 $R_{DS(ON)}$ 在较高温度下会升高，注释 2 提醒您必须遵循功率耗散限制和热限制。在较高的环境温度下和/或在无法像 JEDEC 板那样进行功率耗散的 PCB 上，进入过热关断状态之前无法达到该电流电平。

3.4 热性能信息

热性能信息表提供了在一组给定功率耗散条件下裸片温升的计算数据：

表 3-3. 热性能信息

	热指标	PWP	RTY	单位
		16 引脚	16 引脚	
θ_{JA}	结至环境热阻	40.5	37.2	°C/W
θ_{JCTop}	结至外壳（顶部）热阻	32.9	34.3	
θ_{JB}	结至电路板热阻	28.8	15.3	
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.6	0.3	
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	11.5	15.4	
θ_{JCbot}	结至外壳（底部）热阻	4.8	3.5	

所选封装的 θ_{JA} 数字是器件安装在标准 JEDEC PCB 上时的预期温升估算值。其他数据用于提供 PCB 上的热阻估算值。有关此数据的详细信息，请参阅 PCB 热量计算器中的信息，包括 IC 封装热指标 和 使用新的热指标 应用手册。

3.5 电气特性

以下电气特性表中提供的规格展示了电机驱动器提供的最大电流。第一个是 $R_{DS(ON)}$ ：

表 3-4. 电气特性 H 桥 FET

			最小值	典型值	最大值	单位
H 桥 FET						
$R_{DS(ON)}$	HS FET 导通电阻	$V_M = 5V, I_O = 500mA, T_J = 25^\circ C$		200		m Ω
		$V_M = 5V, I_O = 500mA, T_J = 85^\circ C$			325	
		$V_M = 2.7V, I_O = 500mA, T_J = 25^\circ C$		250		
		$V_M = 2.7V, I_O = 500mA, T_J = 85^\circ C$			350	
	LS FET 导通电阻	$V_M = 5V, I_O = 500mA, T_J = 25^\circ C$		160		m Ω
		$V_M = 5V, I_O = 500mA, T_J = 85^\circ C$			275	
		$V_M = 2.7V, I_O = 500mA, T_J = 25^\circ C$		200		
		$V_M = 2.7V, I_O = 500mA, T_J = 85^\circ C$			300	

在本例中， $R_{DS(ON)}$ 在多个电源电压和温度条件下针对高侧和低侧 FET 具有不同的规格。根据节 1.1 所述的欧姆定律，这些数据可用于估算器件内部的功率耗散。

这些电气特性表中还提供了 OCP 和过热关断电路的相关信息：

表 3-5. 电气特性保护电路

			最小值	典型值	最大值	单位
保护电路						
I_{OCP}	OCP 跳闸电平		2	3.3		A
t_{DEG}	OCP 抗尖峰脉冲时间			2.25		μs
t_{OCP}	OCP 周期			1.35		ms
t_{TSD}	热关断温度	裸片温度	150	160	180	°C

此处说明了 OCP 跳闸电平 (I_{OCP})，即器件在不激活 OCP 电路的情况下可以驱动的最大电流。此外，还列出了 OCP 抗尖峰脉冲时间。如果产生的输出电流保持在 I_{OCP} 以上的时间至少达到 t_{DEG} ，则将激活 OCP。

该器件会在发生 OCP 时自动重试，还可以在一段时间后重新启用输出。此时间在这里列示为 t_{OCP} ，即 OCP 周期。

该表中还列出了过热关断温度（在某些数据表中称为热迟滞）。如果超过裸片上测得的温度，器件将关断。通常，当温度降至安全水平，即阈值以下 10°C 至 40°C ，器件会自动重新启用。

4 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[计算电机驱动器功率耗散](#) 应用手册。
2. 德州仪器 (TI)，[DM642 EVM 上具有运动检测功能的 JPEG](#) 应用手册。
3. 德州仪器 (TI)，[使用新的热指标](#) 应用手册。
4. 德州仪器 (TI)，[PowerPAD 热增强型封装](#) 应用手册。

5 修订历史记录

Changes from Revision * (February 2012) to Revision A (July 2024)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 添加了 <i>PCB</i> 限制和热管理技术 部分.....	3
• 添加了 热性能估算 部分.....	5
• 更新了 使用 <i>TI DRV8813</i> 电机驱动器的短路事件的示波器截图 图像.....	7

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司